

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-223382

(43)Date of publication of application : 11.08.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/02  
B23K 26/00  
H01L 23/00  
// B23K101:40

(21)Application number : 11-333824

(71)Applicant : KOMATSU LTD

(22)Date of filing : 25.11.1999

(72)Inventor : CHIBA TEIICHIRO  
KOMURA TAKASUKE

(30)Priority

Priority number : 10334009

Priority date : 25.11.1998

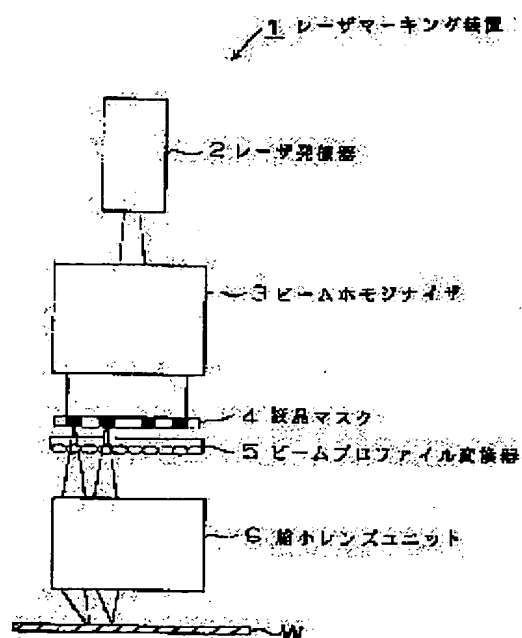
Priority country : JP

## (54) FORM OF MICROSCOPIC DOT MARK USING LASER BEAM AND MARKING METHOD THEREOF

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a dot marking method for enabling accurate formation of a microscopic dot, which is superior in visibility and has a singular form.

SOLUTION: A laser beam balanced by a beam homogenizer 3 is passed through a liquid crystal mask 4 and is divided, the energy density of the divided laser beams is set at a density of 1.0 to 15.0 J/cm<sup>2</sup>, each laser beam which passed through the mask 4 in each one dot is reduced by a lens unit 6, so that the longest length of the one dot is formed with a length of 1 to 15 μm and the image of the dot is made to form on an article W to be marked to form a dot mark. The dot mark obtained consists of a single dot mark in each laser irradiated point, the length of the central part of the above mark which extends along the surface of the rising part swelling upward from the surface of the article W is 1 to 15 μm, the height of the swelling part is 0.01 to 5 μm and, even through the dot is microscopic, it is formed into an even form and is superior in visibility.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

03.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3242632

[Date of registration] 19.10.2001

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-223382

(P2000-223382A)

(43)公開日 平成12年8月11日(2000.8.11)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 1 L 21/02		H 0 1 L 21/02	A
B 2 3 K 26/00		B 2 3 K 26/00	B
H 0 1 L 23/00		H 0 1 L 23/00	A
// B 2 3 K 101:40			

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 17 頁)

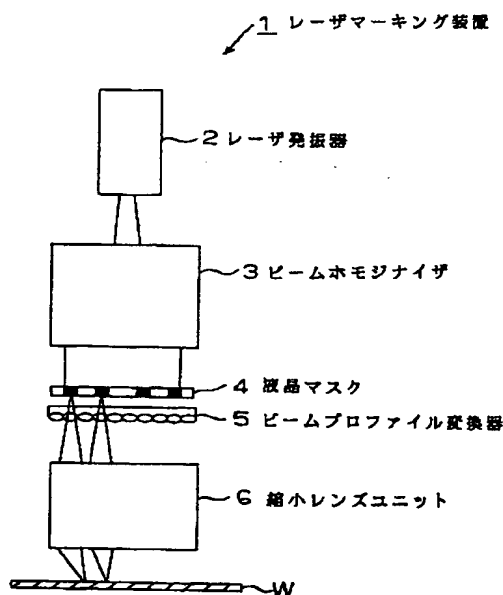
(21)出願番号	特願平11-333824	(71)出願人	000001236 株式会社小松製作所 東京都港区赤坂二丁目3番6号
(22)出願日	平成11年11月25日(1999. 11. 25)	(72)発明者	千葉 貞一郎 神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究本部内
(31)優先権主張番号	特願平10-334009	(72)発明者	小村 隆輔 神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究本部内
(32)優先日	平成10年11月25日(1998. 11. 25)	(74)代理人	100091948 弁理士 野口 武男
(33)優先権主張国	日本 (J P)		

(54)【発明の名称】 レーザビームによる微小ドットマーク形態、そのマーキング方法

(57)【要約】 (修正有)

【課題】視認性に優れた特異な形態をもつ微小なドットを正確に形成し得るためのドットマーキング方法。

【解決手段】ビームホモジナイザ3により均勢化されたレーザビームを液晶マスク4を通過して分割されたレーザビームのエネルギー密度を $1.0 \sim 15.0 \text{ J/cm}^2$ に設定し、液晶マスクを通過した1ドットごとの各レーザビームを、レンズユニット6により1ドットの最大長さが $1 \sim 15 \mu\text{m}$ となるように縮小して被マーキング物品wの上に結像させてドットマークを形成する。得られるドットマークはレーザ照射点ごとの単一のドットマークからなり、同マークの中央部が被マーキング物品の表面から上方に隆起する被マーキング物品の表面に沿った長さが $1 \sim 15 \mu\text{m}$ で、隆起部の高さが $0.01 \sim 5 \mu\text{m}$ の隆起部を有しており、微小であるにも関わらず均一な形態で視認性に優れている。



本発明の微小ドットマーキング装置を模式的に示す説明図

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザを光源として被マーキング物品の表面にマーキングされるドットマーク形態であって、レーザ照射点ごとの単一のドットマークからなり、同マークの中央部が被マーキング物品の表面から上方に隆起する隆起部を有しており、各ドットマークの被マーキング物品の表面に沿った長さが1.0～15.0 $\mu\text{m}$ であり、前記隆起部の高さが0.01～5.0 $\mu\text{m}$ である、ことを特徴とするレーザビームによる微小ドットマーク形態。

【請求項2】 前記被マーキング物品の表面が、ウェハ外周の面取り部である請求項1記載の微小ドットマーク形態。

【請求項3】 パルスレーザ発振器から照射されるレーザビームにより被マーキング物品の表面にドット状のマークを形成するマーキング方法であって、前記レーザ発振器から照射されるレーザビームのエネルギー分布をビームホモジナイザにより平滑化すること、1画素単位の最大長さが50～2000 $\mu\text{m}$ である液晶マスクを駆動制御して所望のパターンを形成し、前記ビームホモジナイザにより均整化されたレーザビームを前記液晶マスクに照射すること、前記液晶マスクを通過して分割されたレーザビームのエネルギー密度を、そのマーキング面において1.0～15.0 $\text{J}/\text{cm}^2$ に設定すること、及び前記液晶マスクを透過した1ドットごとの各レーザビームを、レンズユニットにより1ドットの最大長さが1.0～15.0 $\mu\text{m}$ となるように縮小して前記被マーキング物品の表面に結像させること、を特徴とするレーザビームによる微小マーキング方法。

【請求項4】 前記液晶マスクの画素マトリックスに対応する同一サイズのドットマトリックスにて構成され、レーザビームのエネルギー密度分布を所要の分布形状に成形変換するビームプロファイル変換手段を、前記液晶マスクの前後いずれかに配することを含む請求項2記載の微小マーキング方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は半導体ウェハ表面の規格位置、スクライプラインやウェハ裏面、或いはウェハ周面又はVノッチ内面などの微小領域、液晶基板などのガラス基板、ベアチップなどの電極（パッド）、IC表面、IC裏面、各種セラミック製品、さらにはICのリード部などの被マーキング物品の表面などにマーキングされる製品管理用あるいは各種セキュリティ用のドットマーク形態と、そのマーキング方法に関し、更に具体的には微小領域に形成可能であると共に、その光学的な視認性が確保される特異な形態をもつ微小寸法からなるドットマーク形態と、そのマーキング方法に関する。

2

## 【0002】

【従来の技術】例えば、半導体製造工程にあっては、各工程ごとに多様で且つ厳密な製造条件を設定する必要があり、これらを管理するために、半導体ウェハの一部表面に数字、文字或いはバーコードなどからなるマークがドット表示される。しかし、半導体の製造工程数は100工程以上にもおよび、しかも各工程において多数の素子形成処理や平坦化処理がなされる。これらの処理には、例えばレジスト塗布、レジスト上へのパターンの縮小投影やレジスト現像、或いは銅配線などにより発生するギャップの埋め込みのために絶縁膜や金属膜などの各種の成膜による平坦化がある。

【0003】一方、上記ドット形態のマークは、通常、連続パルスレーザビームを光学系を介して半導体ウェハの一部表面に照射することにより形成される。しかも、そのためのマーキングは一回に限らず、各製造工程の履歴特性を知るためにも、各製造工程にて必要最小限の履歴データをマーキングすることが多い。しかしながら、半導体ウェハにおけるマーキング領域は極めて狭い領域に限られているため、マーキングされるドットの大きさ及び数にも制限があり、そのマーキング領域、ドットの大きさ、ドット数がSEMI規格などにより規定されている。

【0004】ドットマーキングがなされた半導体ウェハは、例えば特開平2-299216号公報に開示されている如く、He-Neレーザのレーザビームの照射による反射率の変化、或いは通常のレーザビームの熱波の振動の変化として読み取られ、その読み取られた情報に基づき、以降の製造工程における各種の製造条件が設定される。従って、前述の読み取りが正確になされず、誤った情報として読み取る場合には、偶然を除くと全てが不良品となる。その読み取り不良の原因の大半はドットマーキングによるマークの不鮮明さに基づいている。この不鮮明さの1つの要因としては、マークを形成するドットの形態がある。

【0005】一般的には、ドットの深さによる影響が大きいとされ、所要のドット深さを得ようとして、例えば特開昭60-37716号公報に開示されているように、通常は1回の大エネルギーのレーザビーム照射により半導体ウェハの一部をスポット状に熔融除去してドットを形成しているが、この場合に熔融除去された熔融物がドット周辺に高く堆積し、或いは飛散してその飛散物がドットの周辺部に付着し、素子形成を不可能にしたりして品質に大きな影響を与える。更には、YAGレーザによるドットマーキングの場合には、YAGレーザの特殊性により、或いはそのQスイッチ操作のためレーザ出力に変動が生じやすく、ドットの深さや大きさにバラツキが生じる。

【0006】かかる不具合を解消すべく、例えば特開昭59-84515号公報、特開平2-205281号公

## 3

報によると、比較的小さいエネルギーのパルスレーザビームを同一ポイントに重複して照射するものがある。前者にあっては、1個のドットマークを形成するにあたり各パルスごとに順次ドット径を小さくして、同一ポイントに複数回重複して照射し、ドットの穴径を順次小さくしながら深いドットを形成しており、後者にあっては、1回目のレーザパルス照射を1KHz以下の周波数とし、続いて照射されるレーザパルスの周波数を2～5KHzの高繰り返し周波数として、0.5～1.0μm或いは1.0～1.5μmの深さのドットを形成している。

【0007】一方、前述のごときマーキング法によると、塵芥の発生を阻止し得ないとして、視認性に優れ、且つ塵芥の発生が少ないレーザマーキング方法が、例えば特開平10-4040号公報により提案されている。この公報の開示によれば、パルスレーザビームを照射して液晶マスクパターンを半導体材料表面に投影し、ドットマークを刻印するレーザマーキング方法にあって、エネルギー密度を18～40J/cm<sup>2</sup>とすると共に、パルス幅を0.05～0.40msに選定して、パルスレーザビームを半導体材料表面に照射し、半導体材料表面が溶融、再結晶化する過程でレーザ照射領域に多数の微小突起部を発生させている。

【0008】このマーキング方法によれば、1画素単位を通過するレーザビームの照射により、被マーキング物品の表面には高さが略1μm以下で、直径が0.5～1.0μm、相互の間隔が略1.5～2.5μm、密度が1.6～4.5×10<sup>7</sup>個/cm<sup>2</sup>の多数の微小突起部が形成され、この多数の微小突起部の集合体を単一のドットマークとして扱い、これを光の乱反射を利用して光学的に読み取るものであり、これらの微小突起部であれば刻印による塵芥の発生が抑えられるというものである。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかして、上述の穴形態をもつドットマークに対する読み取りの不鮮明さ（以下、視認性という。）の原因の一つとしてはその深さにあることも確かではあるが、ドットの深さが深くされていても、その開口部の径が大きい場合には、例えば所要の深さを得るに十分なレーザビームを照射する場合に、そのエネルギー密度は一般にガウシアン分布であるがため、全体としては緩かな斜面からなる滑らかな曲面となってしまう、上述の如き読み取り手段では周辺との差が判別しがたい場合が生じる。上記特開平2-205281号公報にはドット深さについて上述の如く0.5～1.0μm或いは1.0～1.5μmである旨が具体的に記載されているが、その径については何ら記載がなく、またそのドット形状についてもガウシアン形状であると紹介されているに過ぎない。

【0010】一方、上記特開昭59-84515号公報

## 4

の開示によれば、第1回目のドットの開口径が100～200μmに対して深さが1μm以下とあり、具体的には4回のレーザビーム照射がなされることが記載されていることから、この場合のドット深さはせいぜい3～4μmである。また同公報の図面から、1回に形成されるドット形状もガウシアン形状に近似している。

【0011】従って、これらの公報に開示されたマーキング方法によっても、所要のドット深さ及びある程度の均整な大きさのドットが形成されるとは考えられるが、形成されたドット形状は従来の形状に近く、深さに対する径が極めて大きくなり、上記視認性の点では相変わらず確実性に欠けているといわざるを得ない。また、形成されるドットの大きさ（径）についてみても、これを微小にするという点については何ら格別の開示がなされていないことから、従来の寸法である50～150μmを変更するものではなく、従って現時点における、例えばSEMI規格で規定された数値を踏襲しているに過ぎず、ドット数及びドット形成領域についても実質的には大幅な増加が期待できないばかりでなく、多様な情報をマーキングすることが難しい。

【0012】ところで、上述のごときドットマークに対する視認性に関しては、マークとその周辺における光の反射方向及びその反射量に大きな差がある場合に視認性が高くなる。従って、既述したとおり穴が開口径との関係において相対的に深い場合には視認性が高くなることは、一定の入射角度で入射された穴内部における反射光はその反射方向が一律ではなく乱反射するため、穴の開口から外部に出射して来る反射光が少なくなり、一方で穴周辺部が平滑面であることを前提とすれば、その周辺部における反射光は一定方向に反射することから明度が高くなる。その明暗の差が大きい場合に視認性は高くなるといえる。

【0013】しかるに、特開平10-4040号公報に開示されたマーキング方法により形成される微小突起部は余りにも微小過ぎて個々の突起部を観察することができず、またそれらの突起部の集合面である乱反射面の乱反射光量と平滑面の反射光量との差が少なく、乱反射面と周辺の平滑面との区別がしにくく、相変わらず視認性の点では劣るといわざるを得ない。更に、同公報によれば照射エネルギー密度が18J/cm<sup>2</sup>以下では表面に溶融が起こらないため微小突起部は形成されないとしているが、これはパルス幅が極めて大きいことや使用マーキング装置に格別の工夫がなされていないことによる。

【0014】また、単一のドットマークが微小突起部の集合体から構成され、1ドットマークの大きさも格別の記載がないところから、従来のドットの大きさと同等であり、ドットマークの刻印領域が限られてしまう。また、仮に得られる微小突起部の集合体である1ドットの大きさが微小である場合を含むとしても、1ドット中に分散する複数の極めて微小な突起部の形態や寸法を均一

5

に制御し得ないため、益々、周辺との明暗差が得られず、1ドットごとの視認性は一層低下することになる。

【0015】本発明は、上述の課題を解消することを目的としてなされたものであり、具体的には形態や寸法が微小で且つ均一であり、単一のドットマークであっても視認性にも優れたドットマーク形態を得ることを第1の目的とし、かかる微小なドットマークを正確に形成し得るためのドットマーキング方法を提供することを第2の目的としている。他の目的は、以下の説明により更に明らかにされる。

【0016】

【課題を解決するための手段及び作用効果】前記目的は本件請求項1～4に記載された第1～第4の各発明により効果的に達成される。本発明者等は従来のこの種のドットマーキング装置、方法及び形成されるドット形態について改めて詳しい検討及び分析を行ったところ、微小であるにも関わらず視認性を確実にする要因は主にドット形態にあり、その理想的な形状を得るためには従来のマーキング装置及び方法では実現が不可能であることを知った。

【0017】すなわち、例えば図2に示し、上記特開平2-205281号公報にも開示されているような従来のマーキング装置によれば、先ず半導体ウェハに印字するための文字入力、マーキングモードが入力部21で設定される。マーカコントローラ22は、設定されたマーキングモードに従って所定の深さをもつドットをウェハWにマーキングするため、超音波Qスイッチ素子23、内部シャッタ24、外部シャッタ25、アッテネータ（光減衰器）26及びガルバノミラー27を制御し、1個のドットに対して1回のQスイッチパルスでマーキングする。なお、同図中の符号11は全反射鏡、12は内部アパーチャ（モードセクタ）、13はランプハウス、14は出力鏡、15はアパーチャ、16はレベリングミラー、17はガリレオ式エキスパンダ、18はアパーチャ、19はf- $\theta$ レンズ、20はYAGレーザ発振器である。

【0018】かかる一般的なマーキング方式によると、既述したとおり半導体ウェハ表面に照射されるレーザビームのエネルギー密度分布はガウシアン形状を呈しているため、ウェハ表面に形成されるドットもそのエネルギー密度分布に影響されてドット内面が緩かな曲面をなす。これらのマーキング方式は米国特許第4,522,656号の発明に基づいている。この特許の特徴は、マーキングするドット径の1.5～6.5倍の径をもつレーザビーム径をウェハ表面に照射することで、周囲への熱伝導を防止し、エネルギーを効果的に利用して、照射ポイントの中央部を溶融して穴を形成することにある。

【0019】つまり、レーザビームが有するガウシアン形状に分布されたエネルギー密度を有効に利用する方法であって、前記エネルギー密度分布形状の裾野にあたる

6

レーザ強度の低い部分のエネルギーを穴加工部の周辺に照射することによって穴周辺部を暖め、穴中央部からの熱伝導による熱エネルギーの損失を防ぎ、中央部に効果的に穴加工を実現しようとするものである。しかしながら、レーザエネルギーの一部が直接穴加工に使われず消費されることになり効率が低いばかりでなく、穴の周囲へのレーザ照射により穴周辺部に熱履歴が残り、そのため製品に悪い影響を与えかねない。しかも、既述したとおりこの方式によるマーキングではドット径が大きく深さの小さいドットマークしか形成できない上に、穴の周辺が盛り上がり、更に視認性を低下させている。

【0020】本発明者等は、視認性に優れたドットマークの形態につき、更に検討を重ねた結果、後述することくレーザビームのパルス幅及びエネルギー密度を所定の範囲に設定すると共に、エネルギー密度分布を制御することにより、被マーキング物品の表面に照射されるレーザビーム単位ごとに形成されるドットマークの形態が、従来では知られていない特異な形態を呈し、その視認性も従来のレーザマーキングにより形成される凹陥状のドットマーク形態と比較すると、単一の微小なドットマークであるにも関わらず、より優れたものとなることを知った。

【0021】すなわち、本件請求項1に係る発明によれば、レーザビームをエネルギー源として被マーキング物品の表面にマーキングされるドットマークにあって、個々のマークは被マーキング物品の表面に沿った長さが1.0～15.0 $\mu$ mの微小なドットマークであるにも関わらず、視認性に優れたドットマーク形態を有し、レーザ照射点ごとの単一のドットマークから形成されるものであり、その形態は各ドットマークの中央部が被マーキング物品の表面から上方に隆起する隆起部を有しており、前記隆起部の高さが0.01～5 $\mu$ mであるとしている。視認性の点から見ると、本発明によるドットマークが隆起形態を有していることから、そのドットマークの正反射光でなく散乱光を検出することにより高さに関しては前述の範囲でも十分であることが判明している。

【0022】かかるドットマーク形態の形成機構を解明すべく、本発明者等は多様な観点から数多くの実験を重ねた。その結果、次のような一つの推論に達した。勿論、これは推論であり、他にも多くの推論が成り立つ。

【0023】すなわち、1つ1つのドットマーク形成位置にレーザビームが照射されると、その照射された個所の被マーキング物品表面が溶融し、溶融した同物品材料の池（以下、溶融池という。）ができる。このとき、溶融した材料は、溶融池の岸に近いほど温度が低く、中央部の方の温度が高くなる。この温度勾配により表面張力に分布が生じ、溶融材料に移動が起こる。そして、パルス照射の停止と同時に冷却が始まり、凝固に到る。なお、材料が溶融した状態では、溶融池の中央部は自由界面であり、溶融池の岸は固定端に相当し、周縁を固定し

7

た膜と同様の状態にある。この状態で、表面張力が働き、溶融池の中央部において膜振動と同様の動的な運動をする。

【0024】膜振動モードにおける1振幅長さは、材料に特有の粘性や表面張力によりほぼ決定される。そのため、溶融池の径が大きいほど振動数が多くなり、例えばシリコンの場合には1振幅長さが3~5 $\mu\text{m}$ 程度であるため、微小領域で効果的な高低差をもつ微小なドット形態が得られる。また、重力の影響を殆ど受けることなしに微小領域においてドットマークを形成することが可能であることも実験により確認されている。

【0025】レーザ照射パターンが、方形状の場合には溶融池も方形状となり、円形状の場合には溶融池も円形状を呈する。また、膜と同様の振動についても方形状、円形状に相当するモードで運動するようになる。図22~図31は方形状と円形状の膜振動モードを模式的に示している。各振動モードは高次になるほど振動波数が増加し、凹パターンと凸パターンとの間を往復動する。この溶融池の運動形態は膜振動と強い相関のあることは、後述する実験結果によっても理解できる。

【0026】図22は被マーキング物品の表面から上方に湾曲面をもって膨出している状態にある円形状の膜振動モードを示している。図23は図22とは逆に被マーキング物品の表面から下方に湾曲面をもって凹陷している状態にある円形状の膜振動モードを示している。図24は被マーキング物品の表面にリング状の凹陷部とその中央から上方に略円錐状に突出している状態にある円形状の膜振動モードを示している。図25は被マーキング物品の表面にリング状の膨出部とその中央から下方に湾曲面をもって凹んでいる状態にある円形状の膜振動モードを示している。図26は被マーキング物品の表面にリング状の膨出部とその中央から上方に略円錐状に突出している状態にある円形状の膜振動モードを示している。図27は被マーキング物品の表面にリング状の凹陷部を最外縁部として同心円上に膨出部と凹陷部とを交互に配した状態にある円形状の膜振動モードを示している。

【0027】また、図28~図31は、それぞれ上記図22~図25に対応する方形状の膜振動モードを示している。この場合の図31は単純なリング状の膨出部ではなく方形状の角部において膨出が大きい波打ち状の膨出部となっている点が特異点である。

【0028】しかして、かかる膜振動モードの態様によるドットマーク形態は、数多くの実験の結果、従来とは比較にならない程の微小な大きさをもち、上述のごとくそのマーキング条件がレーザビームのパルス幅及びエネルギー密度を所定の範囲に設定すると共に、エネルギー密度分布を制御することにより得られることが判明した。

【0029】先ず、本件請求項1に係る第1発明のドットマーク形態を形成するために使用されるレーザマーキ

8

ング装置の好適な例としては、例えば本発明者等が先に提案した特願平9-323080号に開示されたレーザマーキング装置を挙げることができる。その詳細な構成は同出願明細書に説明されているため、ここでは簡単な説明に止める。

【0030】図1において、符号1はレーザを光源として被マーキング物品の表面に文字、バーコード、2Dコードなどをマーキングするマーキング装置を示し、同マーキング装置1は、レーザ発振器2と、前記レーザ発振器2から照射されるレーザビームのエネルギー分布を平滑化するビームホモジナイザ3と、パターンの表示に合わせて前記レーザビームを透過/非透過駆動される液晶マスク4と、前記液晶マスク4の1画素に対応レーザビームのエネルギー密度分布を所要の分布形状に成形変換するビームプロファイル変換手段5と、前記液晶マスク4の透過ビームをドット単位で半導体ウェハ表面に結像させるレンズユニット6とを備えており、前記液晶マスク4の1ドットの最大長さが50~2000 $\mu\text{m}$ であり、前記レンズユニット6による1ドットの最大長さが1~15 $\mu\text{m}$ である。

【0031】そして、かかる形状の微小ドットを形成するには、1ドット単位に照射されるレーザビームの質及び量に対する高精度な制御が必要である。大きなビーム径のレーザビームから本発明でいう微小径のレーザビームを得るには、高品質で高出力のレーザビームが必要であるが、高出力レーザによる回折現象のため、これ以上小さく絞ることは困難であり、また仮に小さく絞れたとしても、レンズの射出角が大きくなり、焦点深度が極めて小さくなって、実加工ができるとは考えがたい。また、解像度などの点からも超精密のレンズ系が要求される。かかるレンズ系を装備させる場合には、その設備費が一段と高騰し、経済性の観点からも適用は不可能である。

【0032】そこで、通常のレンズ系をもってドットマークの微小化を実現するには、レーザ発振器2から出射されるレーザビーム自体を1ドットのマーキングに必要な且つ十分なエネルギーをもつ小径のレーザビームに分割変換するとともに、各ドット単位のレーザビームのエネルギー密度分布を上述のドット形態に加工するに相応しいプロファイルに変換することが必要である。そして、かかる好適で且つ均整なプロファイルを成形するには、その前段階にて前記変換される以前の各ドット単位のレーザビームにおけるエネルギー密度分布を平滑化しておく必要がある。

【0033】前記微小化のための光源を得るには、中央制御部に書き込まれた各種データに基づいて液晶マスク4の各液晶単位で任意に光の透過・非透過を駆動制御することのできる液晶をマトリックス状に配列した液晶マスク4を採用することが合理的である。

【0034】また、前述のごとくガウシアン形状のエネ

ルギー密度分布をもつレーザ発振器から出射されるレーザビームを、ビームホモジナイザ3を用いて、先ず、例えばトップハット形状に類似する平滑化された形状に変換することが重要である。このビームホモジナイザ3としては、例えばフライアイレンズやバイナリーオプティクス、シリンドリカルレンズを使用したマスク面上を一括して照射する方式や、ポリゴンミラー、ミラースキャナなどのアクチュエータによりミラー駆動してマスク面上をビーム操作する方式がある。

【0035】前述のビームホモジナイザ3によりエネルギー密度分布が平滑化されたレーザビームを、次いで上述の好適なドット形態を得るために好適なエネルギー密度分布のプロファイルに再変換する必要があるときは、更にビームプロファイル変換器5が使われる。このビームプロファイル変換器5としては、例えば回折光学素子、ホログラフィック光学素子、吸収/透過領域を備えた開口マスク或いは液晶マスク、凹型又は凸型のマイクロレンズアレイなどが挙げられる。なお、本発明のドットマーク形態を得るには、このビームプロファイル変換手段は必ずしも必要としない。

【0036】ここで、本発明における加工対象としての被マーキング物品Wは、半導体ウェハ、液晶基板などのガラス基板、ベアチップなどの電極（パッド）、IC表面、各種セラミック製品、さらにはICのリード部などがある。また、前記半導体ウェハとは、シリコンウェハそれ自体である場合が代表的ではあるが、その他にウェハ表面に酸化膜（SiO<sub>2</sub>）や窒化膜（SiN）が形成されたもの、更にはエピタキシャル成長させたウェハ、ガリウム砒素、インジウムリン化合物が表面に形成されたウェハをも含むものである。

【0037】請求項2に係る第2発明は、微小で特異な形態をもつ上記ドットマークの特に好適なマーキング位置を規定している。すなわち、この発明ではドットマーキングがなされる上記被マーキング物品の表面を、ウェハ外周の面取り部であるとしている。従来もウェハ外周面にマーキングを施すことが提案されてはいるが、そのマークは、いわゆるバーコードであり、通常のドットマークを同表面に形成しようとすれば、ドットマークは寸法が大きいため微小領域には形成することは困難であり、或いは形態的に微小な場合にも正反射光による光学的な読み取りが難しかったが、上述のごとく本発明のドットマークは微小で且つ特異な形態を有していることから、隆起部表面からの散乱光を利用すればと光学的にも十分な視認性が確保できることが分かった。

【0038】請求項3に係る第3発明は、上記第1発明による微小で且つ特異な形態を有するドットマークを被マーキング物品Wの表面に形成するに好適なマーキング方法を規定している。なお、上述のマーキング装置1を使っても、請求項3に規定するマーキング条件を満たさないかぎり、上述のごとく特異な形態をもつ本発明のド

ットマークは得られない。

【0039】すなわち、本件の第3発明によれば、前記レーザ発振器2から照射されるレーザビームのエネルギー分布を、既述したごとくビームホモジナイザ3により平滑化すること、1画素単位の最大長さが50～200μmである液晶マスク4を駆動制御して所望のパターンを形成し、前記ビームホモジナイザ3により均整化されたレーザビームを前記液晶マスク4に照射すること、このとき同液晶マスク4を通過するレーザビームのエネルギー密度を、そのドットマーキング面において1.0～15.0 J/cm<sup>2</sup>に設定すること、及び前記液晶マスクを透過した1ドットごとの各レーザビームを、レンズユニット6により1ドットの最大長さが1.0～15.0μmとなるように縮小して前記被マーキング物品の表面に結像させることを含んでいる。

【0040】本発明者等は、本発明の特異な形態を有する上記ドットマークを形成するには、レーザビームの波長、同エネルギー密度及び同パルス幅が如何に影響するかについて具体的に実験を繰り返した。その結果、波長については半導体ウェハに対する吸収率に差異が生じるだけで、その値による他の形態に関して同様の傾向を示した。しかるに、半導体ウェハの材料としてシリコンを例にとると、本発明のドットマーク形態を得るには、ドット形態が小さくなるほどシリコンへの浸透深さも適度に小さくする必要があるため、532nm程度が最も良好な結果が得られる。ただし、波長については被マーキング物品の材質により異なるため、一概には規定できないが、可視領域である300nm～700nmが好ましい。

【0041】一方、パルス幅に関しては、エネルギー密度の許容範囲が適当に大きく取れ、レーザの出力自身も極力抑えることができる範囲を模索したところ、本発明のドットマークを形成するには10～500nsの範囲が効果的であることを知った。特に好ましくは、50～120nsである。なお、500ns以上の場合にはエネルギー密度が大きくなりすぎて、所望のドットマークの形態が得にくく、レーザ発振器自体も大型化せざるを得ない。これらの値は、上記特開平10-4040号公報に開示されたマーキング方法によるパルス幅と比較すると極めて小さいことが理解できる。また、psの領域のレーザによる加工では、蒸散が著しく発生し、許容できるエネルギー密度範囲が極端に狭くなる。

【0042】また、エネルギー密度に関しては、エネルギー密度がレーザ波長、パルス幅及び加工材料の光特性に依存するところが多い。このため、レーザ波長とそのパルス幅の両者を勘案して決めることが好ましいが、前述のごとくレーザ波長とパルス幅の値を予め規定する場合には、請求項2にて規定するように前記液晶マスクを通過して分割されたレーザビームのエネルギー密度を、被マーキング物品のドットマーク形成表面において1.



11

0~15. 0 J/cm<sup>2</sup> とすることが適当である。更に好ましくは、1. 5~11. 0 J/cm<sup>2</sup> である。

【0043】なお、厳密に言えば、特にシリコンからなる半導体ウエハの表面には、極く薄い自然酸化膜が形成されているが、本発明ではその酸化膜も同時に変形させることになる。そのため、前記酸化膜を良好に変形させるには、次の点を考慮する必要がある。すなわち、

- ① 酸化膜 (SiO<sub>2</sub>) の融点は、シリコンウエハ (Si) よりも高いこと。
- ② 酸化膜は非晶質で明確に液相へ変化する点は存在せず、シリコンの融点付近で軟化していること。
- ③ 酸化膜は可視から近赤外領域にかけての領域において透明であり、且つシリコンを吸収すること。

【0044】これらの点から、パルス照射時は、酸化膜を通過して直接シリコンウエハを加熱溶融する。酸化膜は、加熱されたシリコンからの熱伝導により軟化し、弾性変形でシリコンの表面形状にならった形でドットに形成される。しかし、酸化膜が厚くなっていくと、熱伝導による酸化膜の温度上昇が酸化膜が外界と接している界面まで十分に到達せず、その結果としてシリコンの変形量についていけず、塑性変形 (割れてしまう。) する。

【0045】全くのベアウエハと同様なドット形成時の膜振動モードが現出する表面酸化膜の厚さは、実験によると1500~2000オングストロームであることが判明している。このため、およそ1500オングストローム以下の表面酸化膜であれば、ベアウエハと同様な膜振動モードでドットが形成できる。

【0046】請求項4に係る第4発明にあっては、前記マーキング条件に加えて、更に前記液晶マスク4の画素マトリックスに対応する同一サイズのドットマトリックスにて構成され、レーザビームのエネルギー密度分布を所要の分布形状に成形変換するビームプロファイル変換手段5を、前記液晶マスク4の前後いずれかに配することを含んでいる。このビームプロファイル変換手段は、照射パターンドット内の熱分布を調整することで、ドットマークの隆起部高さが調整される。

【0047】ここで、液晶マスクの1画素単位の最大長さを50~2000μmに規定しているのは、液晶マスク4を透過したレーザビームがレンズ系により1ドットの最大長さを1. 0~15. 0μmとなるように縮小して前記被マーキング物品の表面に結像させるためには、現状のレンズ系における解像度の限界であるがためである。また、1ドットの最大長さ (径) が1. 0より小さい場合には、現在の光学系のセンサでは1ドットごとに読み取ることが困難であり、15. 0μmを超えると所定の領域に十分な量の情報をマーキングすることができないばかりでなく、そのマーキング領域も制限される。これらの値は、例えば現在のSEMI規格で許容されるドットマーク寸法の最大限の値である100μmと比較すると、3/20~1/100であって、如何に微小な

12

寸法であるかが理解できる。

【0048】

【発明の実施形態】以下、本発明の好適な実施形態を、その比較形態と共に添付図面に基づいて具体的に説明する。図1は本発明の微小ドットマーキングを形成するためのレーザマーキング装置を模式的に示した説明図である。

【0049】同図において、符号2はレーザ発振器、3はビームホモジナイザ、4は液晶マスク、5はビームプロファイル変換器、6は結像レンズユニット、Wは被マーキング物品である。ここで、本実施例では被マーキング物品Wとして半導体ウエハを例示している。なお、本実施例にあって前記半導体ウエハWとは、シリコンウエハのみならず、同ウエハ表面に酸化膜や窒化膜が形成されたもの、更にはエピタキシャル成長させた半導体ウエハ、ガリウム砒素、インジウムリン化合物などにより成膜された半導体ウエハ一般を総称するものである。

【0050】本実施例におけるレーザマーキング装置1にあって、レーザ発振器2から出射されるガウシアン形状のエネルギー密度分布を有するレーザビームを、まずビームホモジナイザ3を通して、尖頭値がほぼ均一なトップハット型のエネルギー密度分布形状に成形する。こうしてエネルギー密度分布が均一に成形されたレーザビームは、次いで液晶マスク4の表面に照射される。このとき、液晶マスク4は広く知られているように所要のマーキングパターンをマスク上に駆動表示することが可能であり、前記レーザビームは同パターン表示領域内の光透過可能な状態にある画素部分を透過する。この各画素ごとに分割されて透過したのちの各透過光のエネルギー密度分布も、前記ビームホモジナイザ3により成形された形状と同一であって均一に分布されている。

【0051】上記ビームホモジナイザ3は、例えばガウシアン形状のエネルギー密度分布をもつレーザ光を、平滑化されたエネルギー密度分布の形状に成形するための光学部品を総称する。この光学部品としては、例えばフライアイレンズやバイナリーオブティクス、シリンドリカルレンズを使用して、そのマスク面上に一括照射するか或いはポリゴンミラーやミラースキャナなどのアクチュエータによるミラー駆動によってマスク面上を走査させる方式がある。

【0052】ここで、本発明にあっては、既述したとおり前記レーザビームのパルス幅が10~500nsであり、そのドットマーク形成面におけるエネルギー密度は1. 0~15. 0 J/cm<sup>2</sup> の範囲に制御される。好ましくは、1. 5~11. 0 J/cm<sup>2</sup> である。レーザビームが、かかる数値範囲内に制御されると、本発明の特異な形態をもつ上述の微小なドットマークを形成することができる。

【0053】本実施例にあって、前記液晶マスク4に1回で照射する領域は、ドット数で10×11個であり、

13

これをレーザビームをもって一括照射するが、かかるドット数では必要とする全てのドットマーク数を満足し得ないことが多いため、マークパターンを数区画に分割して順次液晶マスクに表示させ、これを切り換えながら組み合わせて全体のマークパターンをウェハ表面に形成するようにすることもできる。この場合、ウェハ表面に結像させるときはウェハ又は照射位置を当然に制御移動させる必要がある。かかる制御手法としては従来から公知とされている様々な手法が採用できる。

【0054】本実施例にあっては、上記液晶マスク4を通過したドット単位のレーザビームを、続いてビームプロファイル変換器5に照射する。このビームプロファイル変換器5は前記液晶マスク4のマトリックス状に配された個々の液晶に対応して同じくマトリックス状に配列されている。従って、液晶マスク4を透過したレーザビームは、1対1に対応してドットごとに前記ビームプロファイル変換器5を通過して、先にビームホモジナイザ3によりそれぞれに平滑化されたエネルギー密度分布のレーザビームを本発明特有の微小なドットマーク形状を形成するに必要なエネルギー密度分布形状へと変換される。本実施例では前述のごとく液晶マスク4を通過した後のレーザビームを、更にビームプロファイル変換器5を通過させて、そのエネルギー密度分布形状を変換しているが、ビームプロファイル変換器5によるエネルギー密度分布のプロファイルを変換させることなく、次のレンズユニット6に直接導入することもある。

【0055】ビームプロファイル変換器5を通過したレーザビームはレンズユニット6により絞られ、半導体ウェハWの表面の所定の位置に照射され、同表面に必要なドットマーキングがなされる。本発明にあっては、前記液晶の画素単位の最大長さを50～2000 $\mu\text{m}$ として、これを前記レンズユニット6により半導体ウェハWの表面に1～15 $\mu\text{m}$ にまで絞られる。ここで、ミクロン単位のマーキングを複数のウェハ表面に均一に形成しようとする場合には、そのマーキング面と集光レンズとの間の距離や光軸合わせをミクロン単位で調節する必要がある。本実施例によれば、焦点検出はレーザ顕微鏡などで一般に使用されている共焦点方式で高さ計測を行い、この値からレンズの縦方向の微小位置決め機構にフィードバックさせて、自動的に焦点の位置決めがなされる。また、光軸合わせや光学構成部品の位置決め及び調整は、一般的に知られた方法が採用され、例えばHe-Neレーザなどのガイド光を通じて、予め設定されている基準スポットに適合させるべくネジ調整機構などによって調整する。この調整は組立時に一回だけ行えばよい。

【0056】従って、本発明に係る微小なドットマークとはマーキング表面に沿った最大長さが1.0～15.0 $\mu\text{m}$ の寸法範囲にあり、その隆起部の周辺が僅かに凹んでいる場合をも考慮して、その凹凸寸法を0.01～

14

5 $\mu\text{m}$ としている。このような寸法のドットマークを形成するには、縮小レンズユニットの解像度などによる半導体ウェハWの表面の照射ポイントにおける結像に崩れを生じさせないようにするため、上記液晶マスク4の1ドット当たりの1辺長さが50～2000 $\mu\text{m}$ であることが必要である。更には、前記ビームプロファイル変換器5と前記液晶マスク4との配置間隔が余り大き過ぎても或いは小さ過ぎても、周辺の光線の影響を受け或いは光軸の不安定さの影響を受けて、半導体ウェハ表面の結像に乱れが生じやすい。そこで、本実施例にあっては、前記ビームプロファイル変換器5と前記液晶マスク4との配置間隔Xを前記液晶マスク4の1画素単位の最大長さYの0～10倍に設定する必要がある。かかる範囲で前記配置間隔を設定することにより、ウェハ表面に照射される結像が鮮明なものとなる。

【0057】上記ビームプロファイル変換器5は、前記ビームホモジナイザ3により平滑化されたエネルギー密度分布を本発明に特有のドット形状を得るために最適なエネルギー密度分布の形状に変換させるための光学部品であり、回折現象、屈折現象或いはレーザ照射ポイントにおける光透過率を任意に異ならせるなどして、入射レーザ光のエネルギー密度分布のプロファイルを任意の形状に変換するものである。その光学部品としては、例えば回折光学素子、ホログラフィック光学素子、凸型のマイクロレンズアレイ、或いは液晶自体が挙げられ、それらをマトリックス状に配置してビームプロファイル変換器5として使用する。

【0058】図3及び図4は、本発明方法により形成されるドットマークの典型的な形状例と配列状況とを示している。なお、同図はAFMにより観察した立体図であり、図4は同じくAFMにより観察した断面図である。本実施例によれば、半導体ウェハWの表面に結像される各ドットマークの大きさは3.6 $\mu\text{m}$ の方形であり、各ドット間隔は4.5 $\mu\text{m}$ とした。これらの図からも理解できるように、半導体ウェハWの表面には液晶マスク4の各画素に対応して分割されたレーザビームごとの略円錐状のドットマークが形成され、しかも、そのドットマークは11個×10個が整然と並んでおり、それぞれの高さもほぼ揃っている。これは、既述した個々の高さが異なり、ランダムに分散する多数の微小突起部の集合体を1ドットマークとして取り扱う上記特開平10-4040号公報により提案されたドットマークとは根本的に異なるところであり、前述の整列した同一の形態のドットマークが形成される要因は、液晶マスク4に照射されるレーザビームのエネルギー分布をビームホモジナイザ3により均一に平滑化されたためである。

【0059】本発明に係る微小なドットマーク形態寸法は、既述したとおり、その被マーキング物品Wの表面に沿った最大長さが1～15 $\mu\text{m}$ であり、隆起部の高さが0.01～5 $\mu\text{m}$ である。これは、各種の実験結果から

15

もたらされた現在の光学的センサによる視認性の限界とマーキング領域の自由度とを確保するために必要な最小限と最大限の大きさの範囲である。

【0060】図5～図16は、本実施例により採用された上記レーザーマーキング装置1により、本発明方法の条件下で形成される本発明に特有のドットマーク形態と、同装置1による他の条件下で形成されるドットマーク形態とを示している。前記レーザーマーキング装置1の仕様は、

レーザー媒質：Nd，YAGレーザー

レーザー波長：532nm

モード：TEM00

平均出力：4W @ 1KHz

パルス幅：50ns @ 1KHz

とした。

【0061】ここで、本発明の実施にあたりレーザービームの波長について次のような予備実験を行った。すなわち、レーザービームの波長を、355nm、532nm、1064nmの3通りとし、後述する本発明の実施例とその比較例のごとく、エネルギー密度を0.14～3.20 J/cm<sup>2</sup>、パルス幅を10～700nm及び20psの範囲で様々な予備実験を行ったところ、レーザービー\*

16

\*μmの波長については、532nmと1064nmとでは、シリコンの吸収率に差異はあるものの、全体的には同じ傾向が観測された。しかし、532nmの波長の方がシリコンへの浸透深さが小さく、特にドットが微小になるに従って良好な結果が得られた。一方、レーザービームの波長を355nmにすると、シリコンへの浸透深さが小さ過ぎ、シリコン表面での蒸散が生じやすい。そこで、本実施例ではレーザービームの波長を532nmとしている。ただし、本発明においてレーザービームの波長は一律に規定されるものではない。

【0062】また、本実施例において使用するレーザービームとしては、YAGレーザー発振装置、YVO4レーザー発振装置の第2高調波、チタンサファイヤレーザー発振装置等により発振されるレーザービームを挙げることができる。

【0063】図5～図17は上記マーキング条件に加えて、表1に示す半導体ウエハWの表面に照射される1ドットのドット径、レーザービームのエネルギー密度、及びそのパルス幅を変更したときの実施例1～7及び比較例1～6に対応するドット形態と各寸法を示している。

【0064】

【表1】

	ドット径 (μm)	エネルギー密度 (J/cm <sup>2</sup> )	ドットマーク形態
実施例1	7.2	1.19	中央隆起
実施例2	7.2	1.42	同上
実施例3	7.2	1.67	同上
比較例1	7.2	0.96	中央凹陷
実施例4	3.6	1.50	分割隆起
実施例5	3.6	2.00	中央隆起
実施例6	3.6	2.50	同上
実施例7	3.6	3.10	同上
比較例2	3.0	0.29	中央凹陷
比較例3	3.0	0.43	同上
比較例4	2.0	0.14	同上
比較例5	2.0	0.29	環状凹陷
比較例6	2.0	0.43	噴火山状

【0065】図5は、上記実施例1のマーキング条件に 50 て半導体ウエハWの表面にドットマーキングを施したと

17

きのドットマーク形態とその寸法を示している。同図によれば、周辺に環状で凹凸状の凹陷部を有するものの、その中央は上方に高く隆起した略円錐状の隆起部を備えている。その周辺との明暗差は大きく、十分な視認性が確保される。

【0066】図6及び図7は、上記実施例2及び3の各マーキング条件にて半導体ウエハWの表面にドットマーキングを施したときのドットマーク形態とその寸法を示している。同図によれば、ドットマークの周辺は殆ど平坦であって、上方に高く隆起した略円錐状の隆起部を備えている。このドット形態にあっても、その周辺との明暗差は大きく、十分な視認性が確保される。

【0067】図8に示す比較例1では、上記実施例1～3と同一のドット長さ（方形の一辺長さが $7.2\mu\text{m}$ ）であるにも関わらず、エネルギー密度が $0.96 (< 1.5) \text{ J/cm}^2$  であるため、中央部には大きな凹陷部を有すると共に、その凹凸の高低差も上記実施例よりも大幅に少なくなり、視認性に劣る。

【0068】図9に示す上記実施例4のマーキング条件にて半導体ウエハWの表面にドットマーキングを施したときのドットマーク形態とその寸法を示している。この実施例4によれば、上記実施例5～7と同一のドット長さ（方形の一辺長さ） $3.6\mu\text{m}$  であるにも関わらず、上方に山形状に隆起した隆起部が縦に2つに分割された形態となり、周辺に僅かではあるが凹陷部が形成されている。しかし、全体として隆起部が大きいため、周辺とのコントラストに優れ視認性にも優れている。

【0069】図10及び図11は、上記実施例5及び6の各マーキング条件にて半導体ウエハWの表面にドットマーキングを施したときのドットマーク形態とその寸法を示している。同図によれば、上記実施例1と同様に周辺に環状で凹凸状の凹陷部を有するものの、その中央は上方に高く隆起した略円錐状の隆起部を備えており、その周辺との明暗差は大きく、十分な視認性が確保される。

【0070】図12は上記実施例7のマーキング条件にて半導体ウエハWの表面にドットマーキングを施したときのドットマーク形態とその寸法を示している。同図によれば、上記実施例3以上に同様にドットマークの周辺は殆ど平坦であって、上方に高く隆起した略円錐状の隆起部を備えており、ドット長さが微小であるとはいえ、視認性の点では最も優れている。このドット形態が本発明の理想的な形態であるといえる。

【0071】図13～図17に示す比較例2～6は、表1にも示したように、そもそもが本発明の対象とするドットマークの長さ（半導体ウエハWの表面に沿った最大長さ） $1\sim 15\mu\text{m}$  を越えているため、その形態の如何に関わらず本発明の実施例とはいえないが、特に図13～図16に示す比較例3～5は、いずれも中央部に大きな凹陷部を有し、特に図13及び図14に示す比較例2

18

及び3では前記中央部の周辺に多重の浅い環状凹陷部が形成され、周辺の平坦部との間のコントラストが小さく、大きなドットマークである場合はともかくとして、視認性に劣る。

【0072】その点、図17に示す比較例6は周辺が平坦で中凹部に噴火山状の隆起部を有しておりその高低差も大きいため、十分な視認性が確保される。従って、この比較例6は通常のドットマークとしては極めて有効な形態といえる。

【0073】図18は上記実施例及び比較例を、各ドットマークごとに、そのエネルギー密度と凹凸寸法をグラフ上にプロットしたものである。本発明の特異な形態をもつドットマークは隆起部を有していることにあり、このグラフからも理解できるように、本発明の対象とする微小なドットマークの最大長さ寸法に入る実施例（方形ドットの一辺長さが $3.6\mu\text{m}$ 及び $7.2\mu\text{m}$ ）では、エネルギー密度が $1.0 \text{ J/cm}^2$  以上であることが必要である。

【0074】また図13～図18、上記実施例1～7及び比較例1～6から以下のことが理解できる。

① ドットマークの径（最大長さ寸法）が小さくなるほど隆起部が形成されやすい。またドットマークの径が小さいほど自由界面長さが小さくなり、シリコン溶液の粘性は温度が一定である場合には一定となるため、結果的により低次の振動モードが支配的になるといえる。

【0075】② 同一高さの隆起部を形成するには、ドットマークの径が小さいほど大きなエネルギー密度を必要とする。つまり、膜振動振幅を同一に保ったまま、固定端間の距離を小さくしていく場合に相当し、固定端間の距離が短い程、大きな外力（パルス照射による温度分布＝表面張力）を必要とする。

【0076】③ ある大きさのドットマークでは、必ず隆起部を有する低次の振動モードとなる。上記図18によっても、ドットマークの径が $3.6\mu\text{m}$  の場合には、その形態はともかくとして全てが隆起部を有している。

【0077】④ ある大きさ以上のドットでは、必ず凹形の振動モードになる。つまり、上記例では、凸形が支配的な場合と凹形が支配的な場合との偏極点が、 $20\sim 30\mu\text{m}$  のドットマーク径の間に存在する。これはシリコン溶液の粘性と溶融池の深さ、溶融池の大きさ（ドットマーク径）から一義的に決定される値である。

【0078】かかる結論から、本発明に特有のドットマークの上記微小形態は、特許請求の範囲に規定する各種のマーキング条件を設定することにより、確実に且つ正確に形成することが可能となる。

【0079】図19は、上記レーザマーキング装置1の仕様のうち、他の仕様を変更せずパルス幅のみを $90 \text{ ns}$  に変更すると共に、そのマーキング条件であるエネルギー密度を変更したときに形成されるドットマークごとのエネルギー密度と隆起高さ寸法をグラフ上にプロット

19

したものである。

【0080】ここで、ドットマークのマーキング表面に沿った長さ寸法を、 $2\mu\text{m}$ 、 $4\mu\text{m}$ 、 $6\mu\text{m}$ 、 $8\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 及び $14\mu\text{m}$ の6種類に設定した。また、図中におけるプロット◇は $2\mu\text{m}$ 、□は $4\mu\text{m}$ 、△は $6\mu\text{m}$ 、×は $8\mu\text{m}$ 、○は $10\mu\text{m}$ 、●は $14\mu\text{m}$ のドットマークを示している。

【0081】同図より理解できるように、パルス幅を $50\text{ns}$ から $90\text{ns}$ へと変更すると、2及び $4\mu\text{m}$ の微小なドットマークに関しては、エネルギー密度が $3.0\sim 11.0\text{J}/\text{cm}^2$ の範囲でその隆起高さが増加することが理解できる。また $6\sim 14\mu\text{m}$ のドットマークに関しては、エネルギー密度が $6.0\sim 8.0\text{J}/\text{cm}^2$ の範囲ではその隆起高さが漸増するが、あるエネルギー密度を過ぎると隆起高さは急減し、ドットマークの形態が「タイプB」に示す隆起形状から「タイプC」に示す凹穴形状へと変化する。

【0082】図18及び図19のグラフから、本発明による所望の隆起高さを有するドットマークを形成するには、パルス幅、エネルギー密度及びマーキング表面に沿った長さ寸法を適切に選定することが必要であり、それらの値が適当な値に選択できれば、本発明の特徴部をなす所定の幅寸法（長さ）と高さ（凹凸）とを有する微小で且つ特異な形態を有するドットマークを形成することができることが理解できる。

【0083】図20は、本発明方法によるドットマーキングにより得られたドットマークによる文字表示の配列状態を示し、図21は従来のドットマーキングにより得られるドットマークによる文字表示の配列状態を示している。2Dコードの場合には、ドット間の相対位置が20%以下と規定されており、例えば $\phi 5\mu\text{m}$ のドットマークの場合、ステージにおける位置決め精度が $\pm 1\mu\text{m}$ であれば、既に20%の位置ずれがランダムに発生することになる。

【0084】従来のマーキング方法を採用する場合には、ドットの位置決め精度の関係で、図21に示すようにドットにより形成される文字が歪んでしまう。その結果、2Dコードとしては読み取りが不可能な状態となる。一方、図20に示す本発明方法により形成されるドットマークによれば、隣接ドットの相対位置が、原理的にはレンズの収差を除いてゼロとなる。一般に、レンズの収差はレンズの外周領域において大きくなるため、レンズの中央領域（有効視野）内を使用すれば、ほぼゼロとみなせる。その結果、同図に示すように規則正しく、精度よくドットを形成することができる。

【0085】以上の説明からも明らかなように、本発明に係るドットマーク形態及びドットマーキング方法によれば、半導体ウェハ表面の各ドット単位ごとの領域に正確に且つ整然と従来の $3/20\sim 1/100$ の大きさの均一な形態をもつ単一の微小なドットマークを形成する

20

ことができる上に、そのドットマーク形態が従来にない中央部が隆起した特異な形態を有しているため、その視認性に優れ、2Dコードとしても十分に機能するマーク形態となる。

【0086】また、本発明のドットマークが前述のごとく従来のドットマークの大きさよりも大幅に微小化され、しかも隣接するドットマークとの境界が判然と区別できるため、同一領域に多数のドットマークが形成でき、そのマーキング領域も大幅に増大するばかりでなく、同時にマーキング領域の選定にも自由度が増す。

【0087】すなわち、

① 任意の時期にウェハ表面にマーキングを施すことができる。例えばシリコンメカ出荷時に、納入先のデバイスメカの用途に影響されることなく、ウェハの出荷検査データなどをマーキングすることができる。また、ウェハ単位で出荷する際には、各チップの検査データ、独自のウェハID、チップIDをこの領域にマーキングすることができるし、しかもVノッチやオリフラ部の角にマーキングすることにより、マークが小さく探しくいといった懸念が一切不要となる。

【0088】また同様に、デバイスメカにおいては、任意の工程中に検査データのみならず、デバイスメカ独自のウェハIDマークを刻印することができる。特に、ドットマーク形態が特異なうえに極めて微小であるがため、デバイスメカにおいてスクライビング以前に、各チップごとの裏面にも所容量の各種データを工程順に形成し得るため、各チップごとの履歴が容易に把握できる。

【0089】② 一枚のウェハからより多くのチップが得られる。本発明のドットマーキング法によれば、ドットマークが極めて微小であるがため、マーキングのための専用領域を省略でき、例えばウェハの周面や裏面は言うに及ばず、スクライプラインの表面やVノッチの内面、オリエンテーションフラットの隅部など、チップの作成有効領域を拡大することができる。この結果、ウェハの歩留りの向上に直接寄与することができる。

【0090】③ 設計負担を軽減する。チップの設計段階からマーキング領域を一切考慮する必要がないため、設計者が自由にチップをレイアウトできる。

【0091】本発明にとって好都合であることは、ウェハ最外円周部の $2\text{mm}$ のうち、特に外側の $1\text{mm}$ については、一般の成膜がほとんど行われておらず、ほぼベアウェハの状態にある。このため、この領域にも安定したドットマーキングが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の微小ドットマーキング装置を模式的に示す説明図である。

【図2】一般のレーザビームによるドットマーキング装置を示す全体構成図である。

【図3】本発明方法により形成されるドットマークの形

21

態とその配列状態を示すAFM観察立体図である。

【図4】同断面図である。

【図5】実施例1によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図である。

【図6】実施例2によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図である。

【図7】実施例3によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図である。

【図8】比較例1によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図である。

【図9】実施例4によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図である。

【図10】実施例5によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図である。

【図11】実施例6によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図である。

【図12】実施例7によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図である。

【図13】比較例2によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図である。

【図14】比較例3によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図である。

【図15】比較例4によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図である。

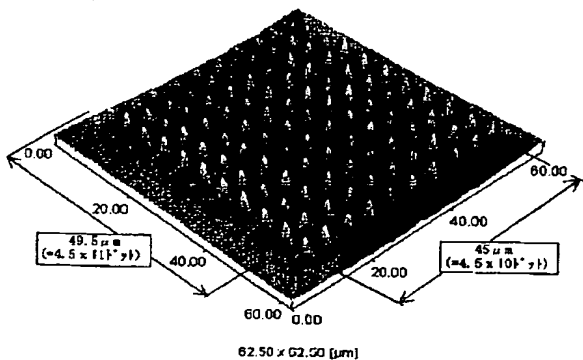
【図16】比較例5によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図である。

【図17】比較例6によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図である。

【図18】実施例1～7及び比較例1～6のドットマーキングにおけるエネルギー密度と隆起部の高さとの相関を示すグラフである。

【図19】実施例1～7及び比較例1～6におけるレーザマーキング条件のうちパルス幅及びマーク幅寸法を変更したときのエネルギー密度と隆起部の高さとの相関を\*

【図3】



本発明方法により形成されるドットマークの形態とその配列状態を示すAFM観察立体図

22

\*示すグラフである。

【図20】本発明のドットマークによる文字表示を示す平面図である。

【図21】従来のドットマークによる文字表示を示す平面図である。

【図22】ドットマーク形成過程における熔融池表面の振動モードに基づく第1のドットマーク形態例を示す立体図である。

【図23】同第2のドットマーク形態例を示す立体図である。

【図24】同第3のドットマーク形態例を示す立体図である。

【図25】同第4のドットマーク形態例を示す立体図である。

【図26】同第5のドットマーク形態例を示す立体図である。

【図27】同第6のドットマーク形態例を示す立体図である。

【図28】同第7のドットマーク形態例を示す立体図である。

【図29】同第8のドットマーク形態例を示す立体図である。

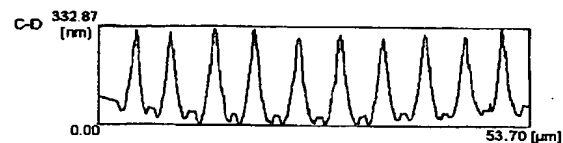
【図30】同第9のドットマーク形態例を示す立体図である。

【図31】同第10のドットマーク形態例を示す立体図である。

【符号の説明】

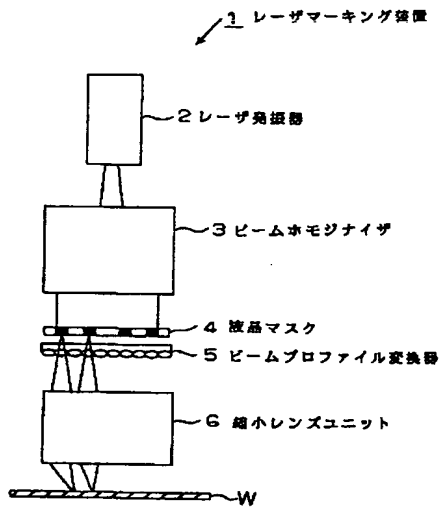
- |   |              |
|---|--------------|
| 1 | レーザマーキング装置   |
| 2 | レーザ発振器       |
| 3 | ビームホモジナイザ    |
| 4 | 液晶マスク        |
| 5 | ビームプロファイル変換器 |
| 6 | 縮小レンズユニット    |

【図4】



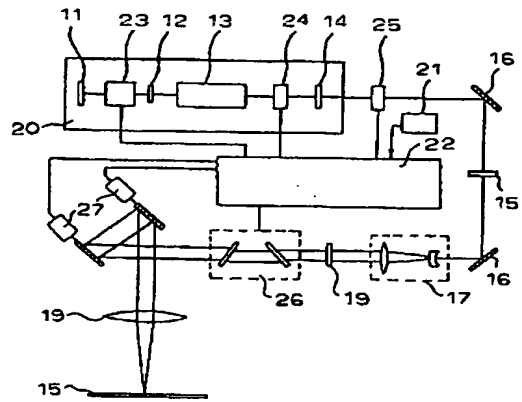
本発明方法により形成されるドットマークの形態とその配列状態を示すAFM観察断面図

【図1】



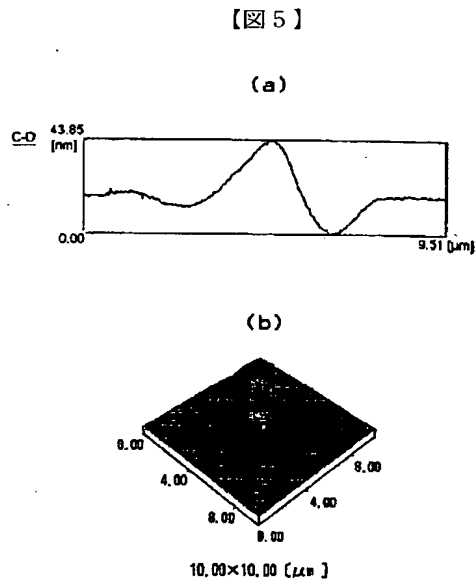
本発明の微小ドットマーキング装置を模式的に示す説明図

【図2】

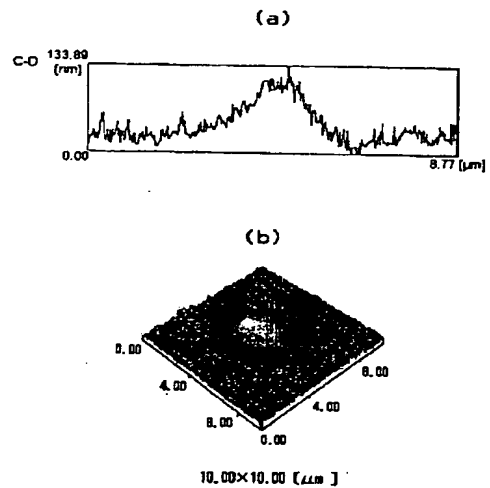


一般のレーザービームによるドットマーキング装置を示す全体構成図

【図6】

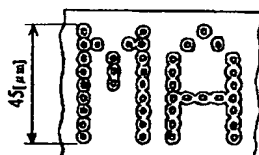


実施例1によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図



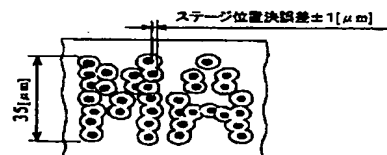
実施例2によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図

【図20】



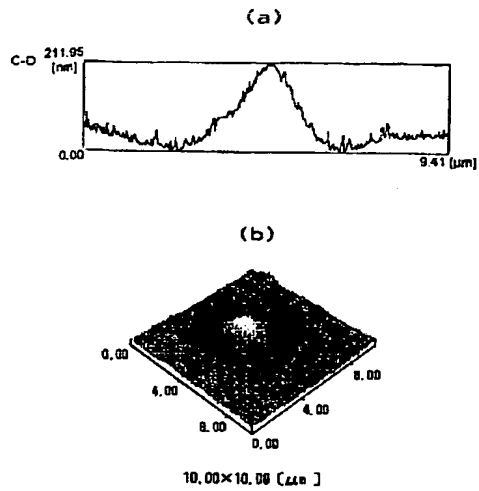
本発明のドットマークによる文字表示を示す平面図

【図21】



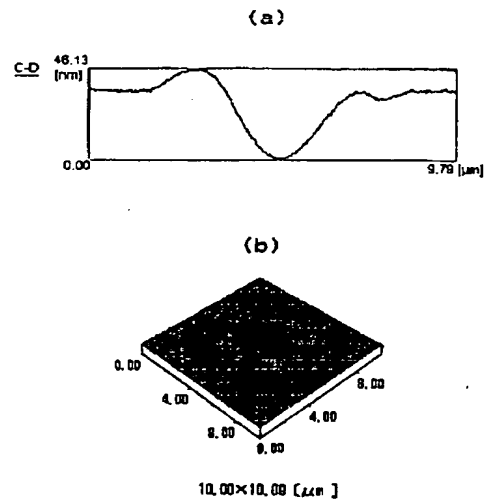
従来のドットマークによる文字表示を示す平面図

【図 7】



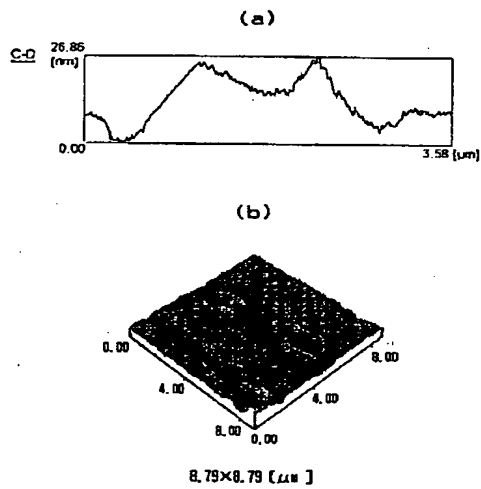
実施例 3 によるドットマーク形態の AFM 観察断面図と立体図

【図 8】



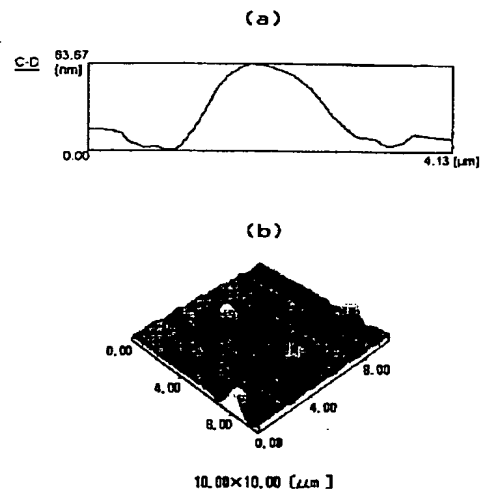
比較例 1 によるドットマーク形態の AFM 観察断面図と立体図

【図 9】



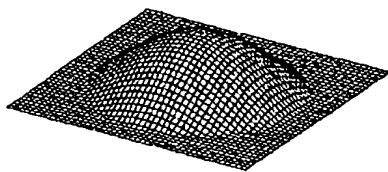
実施例 4 によるドットマーク形態の AFM 観察断面図と立体図

【図 10】



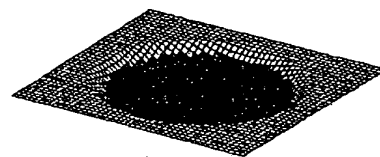
実施例 5 によるドットマーク形態の AFM 観察断面図と立体図

【図 22】



ドットマーク形成過程における溶融池表面の振動モードに基づく第 1 のドットマーク形態例を示す立体図

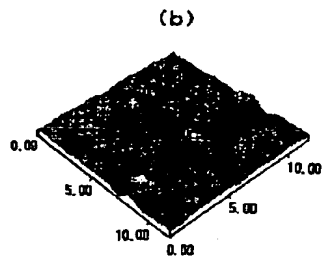
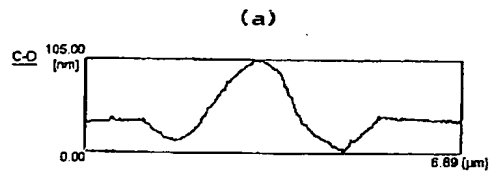
【図 23】



第 2 のドットマーク形態例を示す立体図



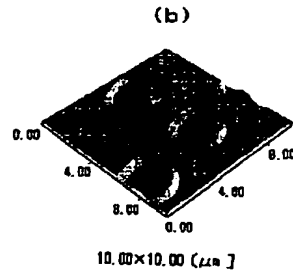
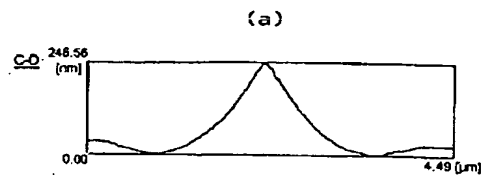
【図11】



11.72×11.72 [μm]

実施例6によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図

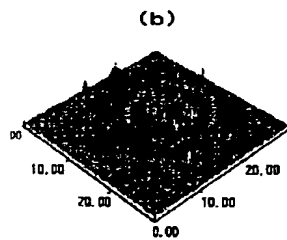
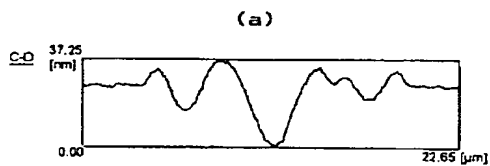
【図12】



10.00×10.00 [μm]

実施例7によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図

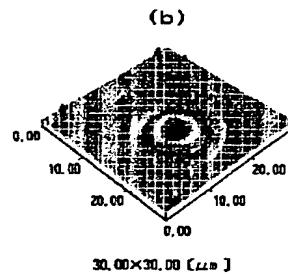
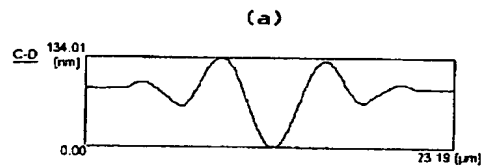
【図13】



30.00×30.00 [μm]

比較例2によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図

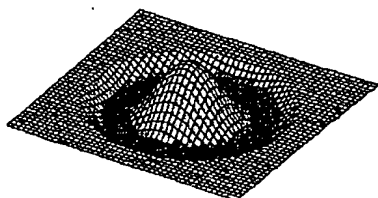
【図14】



30.00×30.00 [μm]

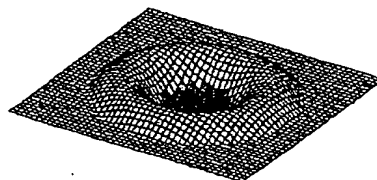
比較例3によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図

【図24】



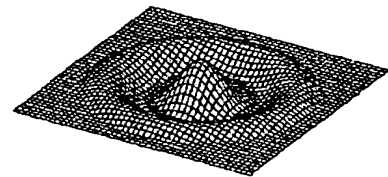
第3のドットマーク形態例を示す立体図

【図25】



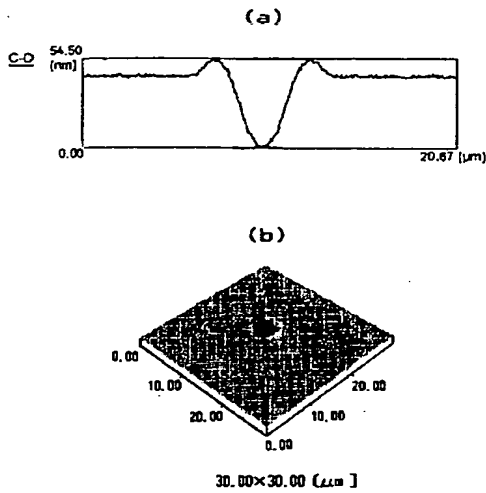
第4のドットマーク形態例を示す立体図

【図26】



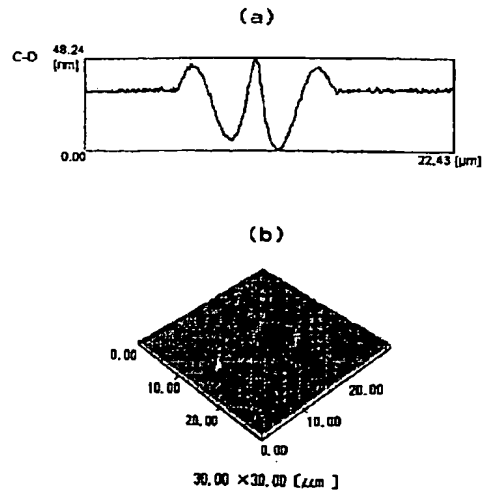
第5のドットマーク形態例を示す立体図

【図15】



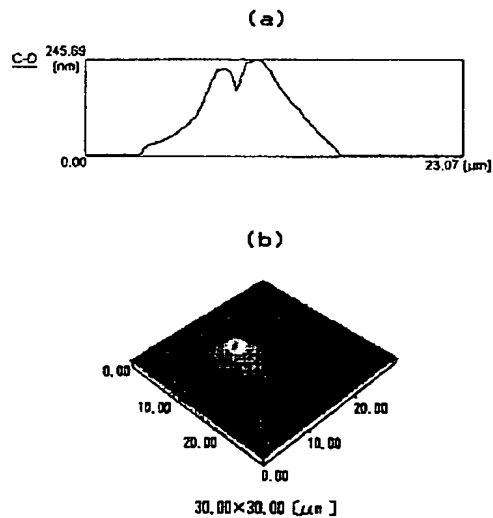
比較例4によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図

【図16】



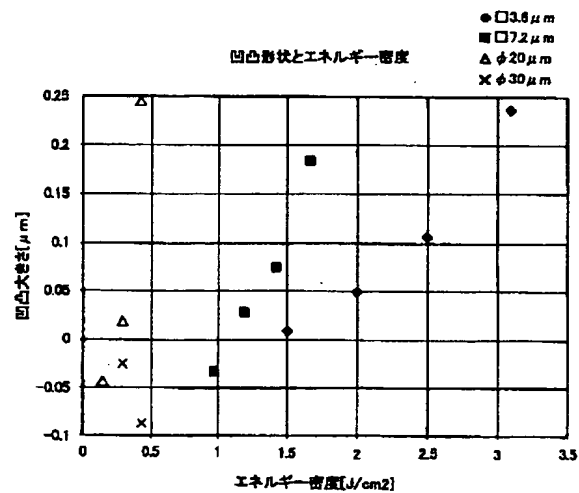
比較例5によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図

【図17】



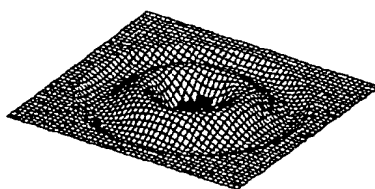
比較例6によるドットマーク形態のAFM観察断面図と立体図

【図18】



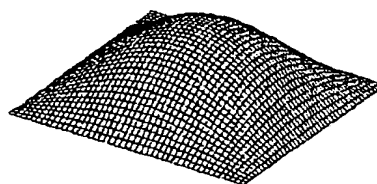
実施例1～7及び比較例1～6のドットマーキングにおけるエネルギー密度と隆起部の高さとの相関を示すグラフ

【図27】



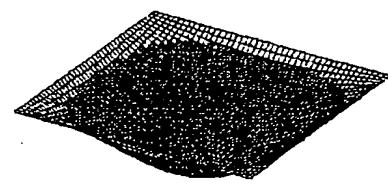
第5のドットマーク形態例を示す立体図

【図28】



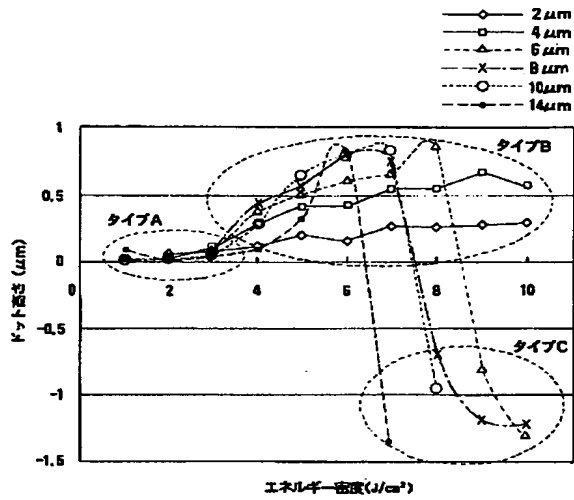
第7のドットマーク形態例を示す立体図

【図29】



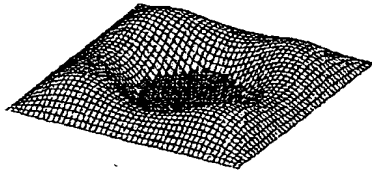
第8のドットマーク形態例を示す立体図

【図19】



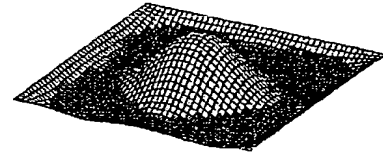
実施例1～7及び比較例1～5におけるレーザーマーキング条件のうちパルス幅及びマーク幅寸法を変更したときのエネルギー密度と隆起部の高さとの相関を示すグラフ

【図31】



第10のドットマーク形態例を示す立体図

【図30】



第9のドットマーク形態例を示す立体図